

PENGARUH AGREGAT KASAR BERGRADASI CELAH TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Laksmi Irianti¹⁾
Surya Sebayang¹⁾
Rivan Adila Wibowo²⁾

Abstract

The development of construction and transportation industrial shows significant increase together with the increases of people and the needs. Part of construction which increases significantly is concrete. In concrete making, aggregate gradation affects concrete strength a lot. Aggregate gradation can be categorized in 3 kinds that is continuous graded, uniform graded, and gap graded. The purpose of this research is to compare concrete pressure strength of gap graded aggregate and continuous graded aggregate.

The research was done by making cylinder samples ($d=150$ mm, $t=300$ mm) with concrete pressure strength 17,5 MPa, 27,5 MPa and 37,5 MPa. Course aggregate variations which was used were 2 – 3,75, cm, 1 – 2 cm and 0,5 – 1 cm, 2 – 3,75 cm. The treatment of samples was done by drowning it into water and blowing it for 7 days. The samples were tested in 28 days.

The result of the test was: (1) average concrete pressure strength with gap graded course aggregate was lower than concrete which used continuous graded course aggregate, (2) In concrete mixture with pressure strength 17,5 MPa, maximum load which can be hold by concrete with gap graded course aggregate was not so different from concrete with continuous graded course aggregate, (3) The higher pressure strength which was planned, the lower maximum load which can be hold by concrete with gap graded course aggregate, (4) There are differences between elasticity modulus values from this research and elasticity modulus from empirical formulas prediction in ACI 318-83M and Hognestad.

Keywords : aggregate gradation, pressure strength, elasticity modulus

Abstrak

Perkembangan industri konstruksi dan transportasi terus menunjukkan peningkatan yang signifikan seiring dengan peningkatan jumlah manusia beserta kebutuhan manusia itu sendiri. Bagian konstruksi yang mengalami peningkatan signifikan adalah beton. Dalam pembuatan beton, gradasi agregat sangat mempengaruhi kekuatan beton. Gradasi agregat dapat digolongkan menjadi 3 macam, yaitu gradasi kontinu (standar), gradasi seragam dan gradasi celah. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan kuat tekan beton bergradasi celah dengan beton bergradasi standar.

Penelitian dilakukan dengan pembuatan benda uji beton silinder ($d=150$ mm, $t=300$ mm) dengan kuat tekan beton 17,5 MPa, 27,5 MPa dan 37,5 MPa. Variasi gradasi agregat kasar yang digunakan adalah 2 – 3,75, cm, 1 – 2 cm dan 0,5 – 1 cm ; 2 – 3,75 cm. Perawatan benda uji dilakukan dengan cara perendaman dan diangin-anginkan selama 7 hari. Pengujian dilakukan pada benda uji umur 28 hari.

Dari hasil pengujian diperoleh: (1) nilai kuat tekan rata-rata beton yang menggunakan agregat kasar bergradasi celah lebih kecil dari beton yang menggunakan agregat kasar bergradasi standar, (2) Pada campuran beton dengan nilai kuat tekan 17,5 MPa, nilai pembebanan maksimum yang mampu ditopang oleh beton bergradasi celah tidak terlalu berbeda dengan beton bergadasi setandar, (3) Semakin tinggi kuat tekan yang direncanakan maka nilai pembebanan maksimum yang

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No 1 Gedong Meneng, Bandar Lampung.

² Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No 1 Gedong Meneng, Bandar Lampung.

mampu ditopang oleh beton bergradasi celah semakin rendah dari kuat tekan rencana, (4) Terdapat perbedaan nilai-nilai modulus elastisitas hasil penelitian terhadap modulus elastisitas yang diperoleh dari prediksi rumus-rumus empiris ACI 318-83, 1983 dan Hognestad.

Kata kunci : gradasi agregat, kuat tekan, modulus elastisitas.

I. PENDAHULUAN

Beton sebagai bahan bangunan telah lama dikenal di Indonesia. Disamping mempunyai kelebihan dalam mendukung tegangan tekan, beton mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan, dapat digunakan pada berbagai struktur teknik sipil serta mudah dirawat. Dalam pembuatan beton, dapat dimanfaatkan bahan-bahan lokal sehingga biaya pembuatan beton relatif murah. Oleh sebab itu beton sangat populer dipakai.

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolik lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan yang membentuk massa padat. Dalam pembuatan beton sering terjadi adanya pori (ruang kosong). Hal tersebut terjadi karena adanya pemisahan butiran dari adukan beton sehingga distribusi agregatnya menjadi tidak merata. pengelompokan agregat dengan ukuran tertentu (gradasi agregat) yang tidak sesuai standar merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya segregasi. Gradasi agregat dapat digolongkan menjadi 3 macam, yaitu gradasi kontinu, gradasi seragam dan gradasi celah. Dalam penentuan gradasi standar untuk agregat dapat menggunakan acuan *American Society for Testing and Material* (ASTM), *British Standard* (BS) dan Standar Nasional Indonesia (SNI).

Gradasi menerus atau kontinu dengan limit tentu adalah gradasi yang direkomendasikan oleh berbagai standart untuk memperoleh workability yang memadai dan segregasi minimum. Di daerah-daerah dengan ketersediaan sumber agregat yang baik, tidak ditemui masalah. Tetapi tidak untuk daerah yang mempunyai sumber agregat terbatas atau yang jauh dari sumber agregat. Dalam keadaan seperti ini kemungkinan penggunaan agregat bergradasi celah yang tersedia di daerah tersebut merupakan alternatif yang dapat dipertimbangkan. Selain itu, biasanya pada pengerjaan dilapangan terjadinya gradasi celah dikarenakan pembelian agregat yang hanya menggunakan satu ukuran variasi. Seperti hanya menggunakan ukuran 1-2 mm, sedangkan standarnya harus menggunakan ukuran variasi 0,5-3,75 mm. Dengan penggunaan agregat celah tersebut dikhawatirkan dapat mempengaruhi kekuatan dari beton.

Dengan mempertimbangkan hal-hal tersebut, pengujian beton yang akan dilakukan pada penelitian ini yaitu beton yang menggunakan agregat kasar bergradasi celah dan diharapkan dapat membantu baik dalam dunia perkuliahan ataupun di dalam dunia kerja.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi Beton

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolik lain, agregat kasar, agregat halus, dan air, dengan atau tanpa campuran tambahan yang membentuk massa padat (SNI 03- 2834, 2000). Beton Normal adalah beton yang mempunyai berat isi 2200-2500 kg/m² menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah yang tidak menggunakan bahan tambahan (SNI 03- 2834, 2000).

Secara umum dalam volume beton terkandung:

Agregat	± 68%
Semen	± 11%
Air	± 17%
Udara	± 4%

2.2. Sifat- Sifat Beton

Untuk keperluan perancangan struktur beton, maka pengetahuan tentang sifat- sifat beton perlu diketahui. Sifat- sifat tersebut antara lain (Mulyono, 2004):

2.2.1. Durability (Keawetan)

Merupakan kemampuan beton bertahan seperti kondisi yang direncanakan tanpa terjadi korosi dalam waktu yang direncanakan.

2.2.2. Kuat Tekan

Kuat tekan beton ditentukan berdasarkan pembebanan uniaksial benda uji silinderbeton berdiameter 150 mm, tinggi 300 mm dengan satuan Mpa (N/mm^2) untuk standar ACI maupun SNI. Sedangkan British Standar benda uji yang digunakan adalah kubus dengan sisi ukuran 150 mm.

2.2.3. Kuat Tarik

Kuat tarik beton jauh lebih kecil dibandingkan kuat tekannya, yaitu sekitar 10%-15% dari kuat tekannya. Kuat tarik beton merupakan sifat yang penting untuk memprediksi retak dan defleksi balok.

2.2.4. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas beton adalah perbandingan antara kuat tekan beton dengan regangan beton biasanya pada 25% -50% dari kuat tekan beton.

2.2.5. Rangkak dan Susut

Rangkak (*Creep*) merupakan salah satu sifat beton dimana beton mengalami deformasi terus menerus menurut waktu dibawah beban yang dipikul.

Susut (*Shrinkage*) merupakan perubahan volume yang tidak berhubungan dengan pembebanan.

2.2.6. Kecelakaan (Workability)

Workability adalah sifat-sifat adukan beton atau mortar yang ditentukan oleh kemudahan dalam pencampuran, pengangkutan, pengecoran, pemadatan, dan finishing. Atau besarnya kerja yang dibutuhkan untuk menghasilkan kompaksi penuh. Salah satu cara yang paling sering dilakukan untuk mengukur kecelakaan beton adalah dengan slump test.

2.3. Pengujian Beton

Pengujian beton bertujuan untuk mengetahui apakah mutu beton yang telah dicor sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Pengujian yang umum dilakukan adalah pengujian kuat tekan terhadap benda uji kubus atau benda uji silinder. Untuk mendeteksi kuat tekan yang lebih cepat, maka dilakukan pengujian pada umur 3 hari atau 7 hari kemudian dikonversi ke umur 28 hari sesuai dengan spesifikasi. Dengan demikian kalau terjadi penurunan mutu maka dapat dengan cepat diperbaiki.

2.3.1. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan menekan benda uji silinder 150 mm x 300 mm pada standar ACI, SNI, dan kubus 150 mm x 150 mm pada standar Inggris.

Berdasarkan SNI 03- 2834 (2000) kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus dibawah ini.

$$f'c = \frac{P}{A} \quad [1]$$

dengan : $f'c$ = kuat tekan (MPa)

P = beban tekan maksimum (N)
A = luas penampang silinder beton (mm²)

Kuat tekan beton yang disyaratkan.

$$f'c = fcr - 1,64 S \quad [2]$$

dengan : $f'c$ = Kuat tekan beton yang disyaratkan (MPa)
 fcr = Kuat tekan beton rata-rata (MPa)

$$fcr = \frac{\sum_{i=1}^n f'c_i}{n} \quad [3]$$

dengan: n = jumlah benda uji
S = deviasi standar

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f'c_i - fcr)^2}{n-1}} \quad [4]$$

2.3.2. Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas beton merupakan perbandingan dari tegangan tarik/tekan yang diberikan dengan perubahan panjang/pendek bentuk per-satuan panjang (regangan), sebagai akibat dari tegangan yang diberikan pada bahan beton tersebut.

$$Ec = \frac{\sigma}{\epsilon T} \quad [5]$$

dengan: σ = tegangan pada 40% tegangan batas (MPa)
 ϵT = regangan pada 40% tegangan batas

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \text{ dalam hal ini } L = 200 \quad [6]$$

dengan: ΔL = perpendekan tinggi silinder beton

2.3.3. Prediksi berdasarkan persamaan empiris

Usulan persamaan ACI 318-83 M

$$Ec = 0,043 \cdot W_c^{1,5} \cdot \sqrt{f'c} \quad [7]$$

untuk W_c antara 1500 -2500 kg/m³

dengan : W_c = berat volume padat beton (kg/m³)

$f'c$ = kuat tekan silinder beton (MPa)

Usulan persamaan Hognestad

$$Ec = 6900 + 250 f'c \quad [8]$$

3. METODE PENELITIAN

3.1. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

3.1.1. Semen

Pada penelitian ini menggunakan semen Holcim yang didapatkan dari toko bahan bangunan dalam kondisi baik, dalam zak dengan satuan 50 kg/zak.

3.1.2. Air

Air yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Laboraturium Bahan dan Konstruksi Universitas Lampung.

3.1.3. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan terhadap analisa saringan, kadar air, berat volume, kadar lumpur, kandungan zat organis, berat jenis dan penyerapan. Dalam penelitian ini digunakan agregat halus yang berasal dari Way Seputih, daerah Gunung Sugih, Lampung Tengah.

3.1.4. Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan terhadap analisis saringan, kadar air, berat jenis dan penyerapan. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah (batu split).

3.2. Pelaksanaan Pengujian

Pelaksanaan pengujian dilakukan dalam 2 tahap. Pertama adalah pengujian kuat tekan dan kedua pengujian modulus elastisitas. Tahap pengujian dilakukan di laboratorium Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

3.3. Peralatan

3.3.1. Satu Set Saringan

Alat ini digunakan untuk mengukur gradasi agregat sehingga dapat ditentukan nilai modulus kehalusan butir agregat kasar dan agregat halus. Untuk penelitian ini gradasi agregat kasar dan agregat halus berdasarkan standar *ASTM C-330* (1999).

3.3.2. Timbangan

Timbangan berkapasitas maksimum 50 kg dan 12 kg.

3.3.3. Oven

Alat ini digunakan untuk mengeringkan bahan-bahan pada saat pengujian material yang membutuhkan kondisi kering.

3.3.4. Kerucut Abrams

Kerucut Abrams beserta tilam pelat baja dan tongkat besi digunakan untuk mengukur *consistency* atau secara sederhana *workability* adukan dengan percobaan *Slump Test*. Ukuran kerucut Abrams adalah diameter bawah 200 mm, diameter atas 100 mm dengan tinggi 300 mm.

3.3.5. Piknometer

Alat ini digunakan untuk mengukur berat jenis *SSD* (*Surface Saturated Dry*), berat jenis kering, berat jenis jenuh, dan penyerapan agregat halus.

3.3.6. Cetakan Beton

Cetakan beton yang digunakan untuk mencetak benda uji terbuat dari bahan baja berbentuk silinder dengan diameter 150 mm, tinggi 300 mm.

3.3.7. Mesin Pengaduk Beton (*Concrete Mixer*)

Alat pengaduk beton ini digunakan untuk mencampur bahan adukan beton. Alat yang digunakan memiliki kapasitas $0,125\text{m}^3$ dengan kecepatan putaran 20-30 rpm.

3.3.8. *Compression Testing Machine (CTM)*

Compression Testing Machine yang dipakai merk *Wykeham Farrance Engineering* dengan kapasitas pembebanan maksimum 150 ton dengan ketelitian pembacaan 0,01 ton.

3.3.9. *Modulus of Elasticity in Concrete Test Set*

Untuk mengukur deformasi aksial (ΔL) rata-rata benda uji silinder beton, dengan ketelitian pembacaan 0,01 mm.

3.3.10. Alat bantu

Selama proses pembuatan benda uji digunakan beberapa alat bantu diantaranya adalah gelas ukur, sendok semen, *stop watch*, mistar, dan *container*.

3.4. Analisis Hasil Penelitian

Hasil data yang diperoleh dan didapatkan dari percobaan yang telah dilakukan dan diolah kemudian hasil dari pembacaan kuat tekan dan hasil modulus elastisitas yang berbeda ditampilkan dalam bentuk tabel dan dibuat grafik.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Material

Pemeriksaan material dasar campuran beton dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat fisik, kimia, dan mekanik material-material pembentuk beton. Data yang diperoleh dari hasil pemeriksaan material digunakan sebagai acuan dasar dalam mendisain campuran beton, sehingga kekuatan beton yang diperoleh sesuai dengan yang direncanakan. Pemeriksaan material yang perlu dilakukan adalah pengujian terhadap agregat halus dan agregat kasar didasarkan pada spesifikasi ASTM dan SNI 03- 2834 (2000).

Pemeriksaan terhadap agregat kasar/halus antara lain meliputi pemeriksaan-pemeriksaan modulus kehalusan, kadar air, berat volume, berat jenis, persentase penyerapan, kadar lumpur, dan kandungan zat organik pada agregat halus. Hasil pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan/ Pengujian Agregat Kasar.

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi SNI 03-2461 (2002)
1.	Modulus kehalusan	6,38	6 - 8
2.	Kadar air (%)	2,3	0 - 3
3.	Berat jenis kondisi SSD	2,62	2,5 - 2,9
4.	Persentase penyerapan (%)	2,05	< 20

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan/ Pengujian Agregat Halus.

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi ASTM
1.	Modulus kehalusan	3,08	2,3 - 3,1
2.	Kadar air (%)	0,8	0 - 1
3.	Berat jenis kondisi SSD	2,5	2,5 - 2,7
4.	Persentase penyerapan (%)	1,2	1 - 3
5.	Kadar lumpur (%)	1,0	< 5
6.	Kandungan zat organik (warna)	Lebih Muda	Lebih muda atau sama

Hasil pemeriksaan agregat halus dan agregat kasar menunjukkan bahwa hasilnya memenuhi standart yang telah ditetapkan menurut ASTM dan SNI.

4.2. Perancangan Campuran

Beton diperoleh dari campuran semen, air, agregat halus dan agregat kasar dengan perbandingan tertentu. Pada penelitian ini metode perancangan campuran yang digunakan adalah metode ACI 318-83 (1983). Komposisi campuran terdiri dari bermacam ukuran agregat pada tiap perancangan campuran. Komposisi material dasar beton untuk tiap volume 1m³ beton dapat dilihat pada Tabel 3, Tabel 4, Tabel 5.

Tabel 3. Kebutuhan Material Dasar Beton f_c' 17,5 MPa Untuk Tiap 1m³

Kode Beton	Semen (Kg)	Pasir (Kg)	Air (Kg)	Agregat Kasar (Kg)
SA	301	723,5	179	1116,42
BA	301	723,5	179	1116,42
BKA	301	723,5	179	1116,42
KA	340	748,75	202	970,8

Tabel 4. Kebutuhan Material Dasar Beton f_c' 27,5 MPa Untuk Tiap 1m³

Kode Beton	Semen (Kg)	Pasir (Kg)	Air (Kg)	Agregat Kasar (Kg)
SB	379	661,5	179	1116,42
BB	379	661,5	179	1116,42
BKB	379	661,5	179	1116,42
KB	427	679,75	202	970,8

Tabel 5. Kebutuhan Material Dasar Beton f_c' 37,5 MPa Untuk Tiap 1m³

Kode Beton	Semen (Kg)	Pasir (Kg)	Air (Kg)	Agregat Kasar (Kg)
SC	497	568	179	1116,42
BC	497	568	179	1116,42
BKC	497	568	179	1116,42
KC	561	573,25	202	970,8

Tabel 6. Jumlah dan Kode Benda Uji

Kuat Tekan Rencana (Mpa)	Variasi Sample Agregat kasar			
	Standart (0,5-1, 1-2, 2-3,75 cm)	2 – 3,75 cm	0,5- 1 cm dan 2–3,75 cm	1– 2 cm
17,5	SA.1	BA.1	BKA.1	KA.1
	SA.2	BA.2	BKA.2	KA.2
	SA.3	BA.3	BKA.3	KA.3
	SA.4	BA.4	BKA.4	KA.4
27,5	SB.1	BB.1	BKB.1	KB.1
	SB.2	BB.2	BKB.2	KB.2
	SB.3	BB.3	BKB.3	KB.3
	SB.4	BB.4	BKB.4	KB.4
37,5	SC.1	BC.1	BKC.1	KC.1
	SC.2	BC.2	BKC.2	KC.2
	SC.3	BC.3	BKC.3	KC.3
	SC.4	BC.4	BKC.4	KC.4

4.3. Keleccakan (Workability) Beton

Pengujian terhadap keleccakan beton dilakukan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan (workability) adukan beton. Pada penelitian ini, metode pengujian yang dipakai untuk mengetahui keleccakan beton adalah pengujian slump (slump test) sesuai dengan ASTM C-40. Adukan beton dikatakan mudah pengerjaannya bila nilai slump tersebut masih dalam batas nilai slump rencana.

Sebenarnya pengujian slump hanya untuk mengetahui konsistensi (kekentalan) adukan, bukan untuk mengetahui tingkat workability yang tepat. Untuk mengetahui tingkat workability yang tepat digunakan pengujian-pengujian antara lain uji faktor pemadatan, VB-test, dan Inverted Slump Cone Test. Tetapi untuk tingkat sederhana dapat digunakan slump test. Hasil pengujian slump untuk masing-masing adukan beton dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian Slump

KodeBeton	f.a.s	Nilai uji slump (mm)	Nilai slump rencana (mm)
SA	0,595	80	75 – 100
BA	0,595	75	75 – 100
BKA	0,595	80	75 – 100
KA	0,595	85	75 – 100
SB	0,473	75	75 – 100
BB	0,473	70	75 – 100
BKB	0,473	75	75 – 100
KB	0,473	75	75 – 100
SC	0,36	70	75 – 100
BC	0,36	70	75 – 100
BKC	0,36	65	75 – 100
KC	0,36	75	75 – 100

Hasil percobaan menunjukan bahwa adukan beton dengan agregat gap-grade juga dapat menghasilkan workability yang tidak jauh berbeda bahkan ada yang lebih baik dari adukan beton bergradasi standar.

4.4. Berat Volume Beton

Sebelum dilakukan pengujian kuat tekan, benda uji silinder beton terlebih dahulu ditimbang untuk mengetahui beratnya. Berat volume benda uji diperoleh dengan membagi berat dengan volume masing-masing benda uji. Berat volume padat rata-rata benda uji untuk setiap metode campuran beton ringan disajikan dalam Tabel 8.

Tabel 8. Berat Volume Padat Beton Hasil Pengujian

Kode Beton	Jumlah Benda Uji (buah)	Berat Volume Padat Rata-Rata (kg/m ³)
SA	4	2295,597
BA	4	2314,465
BKA	4	2320,755
KA	4	2301,887
SB	4	2327,044
BB	4	2327,044
BKB	4	2339,623
KB	4	2358,491
SC	4	2345,912
BC	4	2308,176
BKC	4	2314,465
KC	4	2358,491

4.5. Kuat Tekan Beton

Dari pengujian beban tekan terhadap benda uji didapatkan beban tekan maksimum (P). Kuat tekan beton diperoleh dengan membagi beban tekan maksimum dengan luas penampang benda uji. Perhitungan selengkapnya dari hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Kode Beton	Kuat Tekan Rata-rata, f'_{cr} (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata yang Ditargetkan (MPa)
SA	17.45	17,5
BA	16.98	
BKA	17.17	
KA	17.35	
SB	26.12	27,5
BB	23.67	
BKB	22.73	
KB	24.80	
SC	33.95	37,5
BC	29.33	
BKC	28.01	
KC	31.78	

Hasil percobaan pada kuat tekan 17,5 MPa menunjukkan bahwa agregat celah dapat menghasilkan beton dengan kuat tekan yang cukup memuaskan. Hal ini sesuai dengan hasil dari percobaan yang dilakukan di laboratorium Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan, Departemen Pekerjaan Umum, Ujung Berung, Bandung, yang menunjukkan bahwa penggunaan agregat dengan gradasi bercelah (gap-graded) masih dapat menghasilkan beton dengan kekuatan yang cukup baik serta workability yang tidak jauh berbeda dengan campuran bergradasi kontinu, kecuali untuk agregat dengan posisi celah (gap) yang lebar. Namun pada kuat tekan 27,5 dan 37,5 MPa secara keseluruhan benda uji tidak mencapai kuat tekan rencana. Tidak sesuainya kekuatan beton hasil percobaan dengan kuat tekan rencana dapat dijelaskan sebagai berikut:

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain : perbandingan air dengan semen, tingkat pemadatan, jenis semen dan kualitasnya, jenis dan lekukan bidang permukaan agregat, kondisi/cara dari perawatan, suhu, dan umur beton (Murdock dan Brook, 1979).

Kepadatan agregat sangat mempengaruhi besarnya kekuatan beton yang dihasilkan terkait dengan kemampuannya menahan beban, sedangkan fungsi agregat dalam beton adalah mengisi sebagian besar volume beton yaitu antara 50 – 80 % sehingga sifat-sifat dan mutu agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat dan mutu beton.

Dalam pembuatan beton, agregat harus dalam kondisi kering permukaan (SSD). Kondisi kering permukaan bertujuan agar agregat yang digunakan tidak menyerap air yang digunakan untuk campuran adukan beton. Sifat penyerapan air sangat erat kaitannya dengan

kekuatan beton yang dihasilkan, terutama bila fas rendah karena air yang digunakan semen untuk mengeras melalui proses kimiawi menjadi berkurang sehingga proses kimiawi semen tidak optimal, sedangkan kekuatan beton juga ditentukan oleh faktor proses kimiawi semen dan air.

Pada saat proses pengadukan campuran beton dengan mesin pengaduk terjadi benturan-benturan dengan dinding mesin pengaduk yang menyebabkan perubahan bentuk agregat sehingga gradasi awal berubah. Gradasi agregat akan mempengaruhi luas permukaan agregat yang sekaligus akan mempengaruhi jumlah pasta/air yang akan digunakan. Agregat yang lebih besar cenderung memerlukan pasta/air yang lebih sedikit karena luas permukaannya lebih kecil. Gradasi agregat juga mempengaruhi sifat-sifat beton. Terhadap adukan beton gradasi agregat mempengaruhi kelecakan, jumlah air pencampur, jumlah semen yang diperlukan, pengecoran, pemadatan, finishing keadaan permukaan, kontrol terhadap segregasi dan bleeding.

Tidak terpenuhinya kuat tekan beton rencana ini dapat juga disebabkan oleh tingkat kelecakan adukan beton yang rendah sehingga pemadatan cukup sulit dilakukan secara optimal, sehingga menyebabkan penyebaran agregat menjadi tidak merata serta masih terdapat rongga-rongga udara yang terperangkap dalam beton. Hal ini terlihat pada saat cetakan beton dibuka, pada benda uji masih terdapat lubang-lubang kecil sehingga terjadi mengurangi kekuatan beton.

Dalam praktek, pada kenyataannya semua metode perancangan campuran beton bila digunakan untuk merancang tidak akan mungkin sekali jadi karena selalu diperlukan berbagai penyesuaian pada saat uji coba campuran beton, yang sering masih perlu pertimbangan teknis dengan cara visual atau feeling, seperti terasa kurang plastis, terlalu kaku, tampak agregat halusanya berlebihan dan lain sebagainya. Jadi untuk mendapatkan hasil yang tepat, selalu perlu dilakukan serangkaian uji coba dan modifikasi proporsi campuran (Mulyono, 2004).

Dalam penelitian ini dilakukan modifikasi atau trial mix gradasi agregat karena tujuan atau sasarannya adalah untuk mengetahui perbedaan hasil yang diperoleh dari masing-masing ukuran agregat perancangan campuran. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tekan rata-rata beton bergaradasi celah yang dihasilkan dari metode ACI (secara ideal) tidak mencapai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan serta memiliki nilai lebih kecil dari beton bergaradasi normal.

4.6. Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas beton diperoleh dari pengujian perubahan tinggi (perpendekan) silinder beton pada saat pengujian kuat tekan beton. Data hasil pengujian yang menghasilkan kurva tegangan-regangan beton selanjutnya dianalisis untuk memperoleh modulus elastisitas dengan menggunakan Persamaan. Nilai-nilai modulus elastisitas beton yang diperoleh dari masing-masing benda uji silinder dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Nilai Modulus Elastisitas Beton

Kode Beton	Hasil Penelitian (MPa)	ACI 318-83 M (MPa)	Perbedaan (%)	Hognestad (MPa)	Perbedaan (%)
SA	-	20821,31	-	11262,5	-
BA	-	19568,75	-	11145	-
BKA	-	19436,49	-	11192,5	-
KA	17706,14	20761,57	14,72	11237,5	-57,56
SB	22647,53	24270,62	6,69	13430	-68,63
BB	38515,09	23388,98	-64,67	12817,5	-200,48
BKB	21658,08	22919,86	5,51	12582,5	-72,12
KB	13650,78	24821,97	45,01	13100	-4,20
SC	-	27330,81	-	15387,5	-
BC	25460,78	26035,64	2,21	14232,5	-78,89
BKC	-	26379,52	-	13902,5	-
KC	27298,05	27764,93	1,68	14845	-83,88

Dari Tabel 10. dapat dilihat adanya perbedaan antara nilai-nilai modulus elastisitas (E_c) dari hasil percobaan dengan modulus elastisitas (E_c) yang diperoleh dari prediksi rumus-rumus empiris ACI 318-83, 1983 dan Hognestad. Perbedaan yang terjadi dikarenakan modulus elastisitas beton berubah-ubah yang dipengaruhi oleh kekuatan beton, umur beton, sifat-sifat agregat dan semen, dan definisi dari modulus elastisitas itu sendiri. Modulus elastisitas dapat bervariasi terhadap kecepatan pembebanan dan jenis benda uji beton. Jadi hampir tidak mungkin dapat diperkirakan secara tepat nilai modulus elastisitas yang ditentukan.

Perbedaan tersebut diatas juga bisa terjadi dikarenakan adanya pemakaian alat ukur perpendekan beton (sistem mechanical) yang kurang tingkat akurasinya atau ketelitiannya, ditambah pula dengan cara pembacaannya yang masih secara visual. Hal ini tentunya bisa menyebabkan hasil pengukuran yang kurang akurat, yang berakibat kurang tepatnya nilai regangan yang diperoleh.

5. SIMPULAN

Pada pengujian nilai kuat tekan rata-rata beton yang menggunakan agregat kasar bergradasi celah lebih kecil dari beton yang menggunakan agregat kasar bergradasi standar. Pada campuran beton dengan nilai kuat tekan 17,5 MPa, nilai pembebanan maksimum yang mampu ditopang oleh beton bergradasi celah tidak terlalu berbeda dengan beton bergradasi setandar. Pada pengujian kuat tekan 27,5 MPa dan 37,5 MPa nilai pembebanan maksimum yang mampu ditopang oleh beton bergradasi celah dengan agregat kasar ukuran 2 – 3,75 (BB) cm, 2- 3,75 cm dan 0,5 – 1 cm (BKB) dan 1 - 2 cm (KB) adalah 90.42%, 87.23%, 96.80% dari pembebanan maksimum yang mampu ditopang oleh beton bergradasi standar. Semakin tinggi kuat tekan yang direncanakan maka nilai pembebanan maksimum yang mampu ditopang oleh beton bergradasi celah semakin rendah dari kuat tekan rencana. Sehingga beton bergradasi celah ini tidak baik digunakan untuk beton bermutu tinggi. Terdapat perbedaan nilai-nilai modulus elastisitas hasil penelitian terhadap modulus elastisitas yang diperoleh dari prediksi rumus-rumus empiris ACI

318-83M dan Hognestad, dikarenakan modulus elastisitas beton berubah-ubah yang dipengaruhi oleh kekuatan beton, umur beton, sifat-sifat agregat dan semen.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 318-83M, 1983. *Design Consideration for Steel Fiber Reinforced Concrete*. ACI Structural Journal.
- ASTM C-330, 1999, Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete. United States.
- ASTM C-40, 2004, Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete. United States.
- Mulyono, Tri., 2004, Teknologi Beton. Andi Offset. Yogyakarta.
- Murdock, L.J. dan Brook, K.M. 1999, Bahan dan Praktek Beton. Edisi IV, Erlangga, Jakarta.
- SNI, 2000, Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, SNI 03- 2834-2000. Departemen Pemukiman dan Pengembangan Wilayah, Jakarta.

